

ANALISIS TRANSFORMASI GELOMBANG PADA BANGUNAN PELINDUNG PANTAI MENGGUNAKAN MODUL CMS-WAVE DI PERAIRAN MUARA KINTAP KABUPATEN TANAH LAUT KALIMANTAN SELATAN

*Namira Khairunnisa¹, Baharuddin¹, Ira Puspita Dewi¹

¹ Program Studi Ilmu Kelautan Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Lambung Mangkurat

*Corresponding author. Email: namirakhrnnsa@gmail.com

Abstrak

Pantai Muara Kintap secara geografis menghadap langsung ke Laut Jawa, terletak dalam posisi membujur dari arah barat daya ke arah timur laut atau tegak lurus menghadap tenggara. Pantai ini termasuk pantai dengan jenis perairan terbuka, sehingga menyebabkan wilayah Pantai Muara Kintap memiliki potensi gelombang yang cukup tinggi. Berdasarkan kondisi ini, Pantai Muara Kintap memiliki beberapa struktur bangunan perlindungan pantai untuk mengurangi ancaman abrasi, seperti *breakwater* dan *groin*. Studi ini bertujuan untuk menentukan pola transformasi gelombang dari struktur bangunan perlindungan pantai terhadap kondisi kedalaman HAT, MSL, dan LAT. Pola transformasi gelombang berbeda pada setiap kondisi kedalaman dan pola transformasi gelombang ini diperoleh dari hasil pemodelan transformasi gelombang menggunakan modul *CMS-Wave* dalam perangkat lunak *SMS 11.2*. Beberapa skenario dilakukan untuk memodelkan transformasi gelombang di perairan Muara Kintap, baik skenario pantai dilengkapi dengan bangunan perlindungan pantai maupun kondisi pantai tanpa bangunan perlindungan pantai. Selama HAT dan MSL, hasil pola transformasi berupa refraksi, difraksi, dan *shoaling*, dan selama LAT pola transformasi yang terlihat adalah refraksi

Kata Kunci: Transformasi Gelombang, Bangunan Pelindung Pantai, CMS-Wave, Muara Kintap

Abstract

Muara Kintap Beach is geographically facing directly towards the Java Sea, situated in a longitudinal position from the southwest to the northeast or perpendicular to the southeast. This beach is classified as an open water type, which causes the Muara Kintap Beach area to have a relatively high wave potential. Based on these conditions, Muara Kintap Beach has several coastal protection structures to reduce the threat of abrasion, such as breakwaters and groins. This study aims to determine the wave transformation patterns of coastal protection structures under the conditions of HAT, MSL, and LAT depths. The wave transformation patterns differ under each depth condition, and these patterns are obtained from wave transformation modeling using the CMS-Wave module in the SMS 11.2 software. Several scenarios were conducted to model wave transformation in the waters of Muara Kintap, both with and without coastal protection structures. During HAT and MSL, the transformation patterns observed were refraction, diffraction, and shoaling, and during LAT, the visible transformation pattern was refraction.

Keywords: Wave Transformation, Coastal Protection Structures, CMS-Wave, Kintap Estuary

PENDAHULUAN

Gelombang merupakan salah satu parameter oseanografi yang dapat mempengaruhi kondisi pantai. Gelombang sendiri terjadi karena tiupan angin, sehingga menyebabkan naik dan turunnya permukaan air laut yang kemudian dibagi berdasarkan gaya pembangkitnya seperti gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang akibat pergerakan kapal dan sebagainya.

Gelombang laut secara dominan dibangkitkan oleh angin yang disebut gelombang angin. Gelombang angin disebabkan oleh beberapa faktor seperti durasi dan kecepatan angin serta panjang *fetch* atau jarak yang ditempuh. Pergerakan gelombang menuju pantai dapat menghasilkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus, dan menyebabkan transpor sedimen.

Pergerakan gelombang menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk akibat proses refraksi dan pedangkalan gelombang (*wave shoaling*), difraksi, refleksi, dan gelombang pecah. Pola pergerakan gelombang ini akan berbeda di setiap wilayah tergantung pada faktor kedalaman perairan, bentuk pantai maupun rintangan seperti bangunan pantai atau suatu pulau.

Pantai Muara Kintap merupakan pantai yang terletak di Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan. Secara geografis Pantai Muara Kintap berhadapan langsung dengan Laut Jawa, terletak di posisi membujur dari arah barat daya ke arah timur laut atau tegak lurus menghadap tenggara. Pantai Muara Kintap termasuk pantai dengan jenis perairan terbuka, sehingga menyebabkan wilayah pantai ini memiliki potensi gelombang yang cukup tinggi dan dapat menyebabkan abrasi yang cukup luas hingga berdampak pada pemukiman warga.

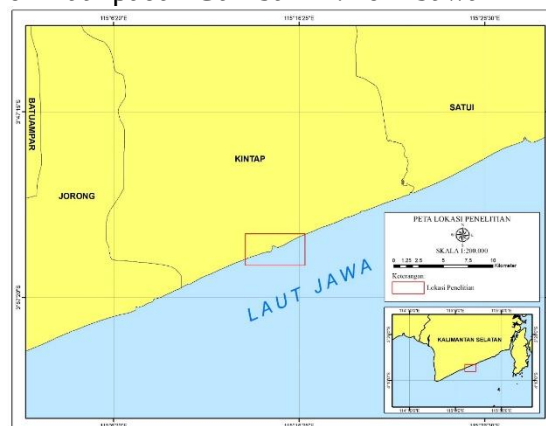
Pemerintah daerah pada tahun 2021 telah membangun bangunan pemecah gelombang di perairan Muara Kintap, akan

tetapi seiring berjalannya waktu sebagian bangunan pelindung pantai tersebut mengalami kerusakan. Bangunan pelindung pantai yang diharapkan dapat meredam terjangan gelombang tinggi dan menjadi solusi pada masalah abrasi, namun dengan adanya kerusakan pada sebagian bangunan pemecah gelombang dan tingginya tingkat abrasi pada Perairan Muara Kintap menunjukkan bahwa bangunan pelindung pantai *existing* belum berfungsi secara optimal. Oleh karena itu, perlu adanya studi untuk mengetahui proses transformasi gelombang pada bangunan pelindung pantai di Perairan Muara Kintap dengan menggunakan modul *CMS-Wave* pada berbagai kondisi kedalaman untuk melihat bagaimana transformasi gelombang terhadap bangunan pelindung pantai di Perairan Muara Kintap.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2024 sampai bulan Oktober 2024 yang berlokasi di wilayah perairan Desa Muara Kintap, Kecamatan Kintap, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan dengan wilayah kajian sepanjang 4 km sejajar garis pantai dan 4 km tegak lurus garis pantai. Proses analisis dilakukan di Laboratorium SIG dan Inderaja Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Lambung Mangkurat. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. di bawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

No.	Peralatan	Kegunaan
Bahan		
1.	Data angin	Data dasar analisis gelombang
2.	Data pasang surut	Data dasar analisis pasang surut
3.	Data kedalaman	Data dasar analisis kedalaman
Perangkat Analisis Data		
1.	Laptop	Hardware analisis data
2.	Arcgis 10.8	Mengolah peta
3.	Ms. Excel	Perhitungan dan pengolahan data
4.	Surfer 16	Interpolasi data kedalaman
5.	SMS 11.2	Pemodelan gelombang
6.	WRPLOT View	Pengolahan data angin
7.	Mapsource	Menyalin data dari GPS <i>mapsounder</i>
8.	MIKE 21	Memperoleh data prediksi pasang surut

Perolehan Data

Pasang Surut

Data pasang surut pada penelitian menggunakan data sekunder berupa data hasil prediksi dari *software MIKE 21* dengan fitur yang digunakan yaitu *Tide Prediction of Height*. Prediksi pasang surut dilakukan selama 15 hari atau 15 piantan untuk mengetahui nilai konstanta pasang surut, tipe pasang surut serta nilai pasang tertinggi (HAT), muka air rata-rata (MSL) dan surut terendah (LAT).

Kedalaman

Data kedalaman diperoleh dari data penelitian sebelumnya yang kemudian akan digunakan sebagai input data dalam analisis transformasi gelombang dengan menggunakan modul *CMS-Wave*.

Angin

Perolehan data angin selama 10 tahun didapatkan dari *ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast)* dari tahun 2014 sampai dengan tahun 2023 dengan data angin setiap 1 jam. Data angin tersebut terdiri atas arah angin saat kecepatan maksimum dan kecepatan angin maksimum. Data ini digunakan sebagai input data dalam analisis pembangkitan gelombang sehingga diperoleh prediksi tinggi dan periode gelombang.

Analisis Data

Analisis Pasang Surut

Analisis data pasang surut dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan *admiralty*. Metode perhitungan *admiralty* dilakukan dengan menghitung konstanta pasang surut menggunakan 8 skema perhitungan yang kemudian diperoleh nilai konstanta harmonik pasang surut (S_0 , K_1 , S_2 , M_2 , O_1 , P_1 , N_2 , M_4 , dan MS_4) dan nilai *formzhal* (F) untuk mengetahui karakteristik pasang surut.

Tipe pasang surut ditentukan berdasarkan kriteria *Courtier* untuk memperoleh bilangan *formzhal* (F) dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = \frac{A_{O_1} + A_{K_1}}{A_{M_2} + A_{S_2}}$$

keterangan:

A_{K_1} dan A_{O_1} = amplitudo komponen pasang surut harian utama

A_{M_2} dan A_{S_2} = amplitudo komponen pasang surut ganda utama

dengan ketentuan:

$F \leq 0,25$ = Pasang surut tipe ganda (*semidiurnal*)

$0,25 < F \leq 1,5$ = Pasang surut tipe campuran condong keharian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

- $1,5 < F \leq 3,0$ = Pasang surut tipe campuran condong keharian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)
- $F > 3.0$ = Pasang surut tipe tunggal (*diurnal*)

Berdasarkan hasil komponen pasang surut tersebut kemudian dapat dihitung tunggang air pasang surut berdasarkan formula yang dikembangkan oleh Iwagaki dan Sawaragi (1979); Beer (1997) sebagaimana disajikan pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Perhitungan tunggang air pasang surut terhadap HAT, MSL dan LAT

Karakteristik Pasang Surut	Formula
	(Iwagaki dan Sawaragi 1979; Beer 1997 dalam Baharuddin 2006)
HAT	$= \text{LAT} + 2(\text{AK}_1 + \text{AO}_1 + \text{AS}_2 + \text{AM}_2)$
MSL	$= S_0$
LAT	$= \text{MSL} - \text{AK}_1 - \text{AO}_1 - \text{AS}_2 - \text{AM}_2$

keterangan:

- HAT = *Highest Astronomical Tide* (air pasang tertinggi)
- MSL = *Mean Sea Level* (tinggi muka air rata-rata)
- LAT = *Lowest Astronomical Tide* (air surut terendah)

Analisis Kedalaman

Data kedalaman yang diperoleh dalam bentuk point kemudian diinterpolasi dengan menggunakan *software Surfer 16* yang selanjutnya diolah menjadi peta kontur kedalaman dalam *software Arcgis 10.8*. Data kedalaman dianalisis dengan referensi pasang tertinggi (HAT), muka air laut rata-rata (MSL) dan surut terendah (LAT). Persamaan yang digunakan untuk analisis data kedalaman adalah sebagai berikut:

$$d_{HAT} = d_{MSL} - \text{MSL} + \text{HAT}$$

keterangan:

- d_{HAT} = Kedalaman suatu titik pada dasar perairan saat kondisi HAT
- d_{MSL} = Kedalaman suatu titik pada dasar perairan saat kondisi MSL
- HAT = Air pasang tertinggi

MSL = Tinggi muka air rata-rata

Analisis Gelombang

Analisis data gelombang dilakukan dengan menggunakan data angin yang ditransformasikan menjadi data gelombang. Arah angin tersebut merupakan arah datangnya gelombang. Sebelum dilakukan prediksi gelombang perlu dilakukan pengukuran *fetch* dari titik observasi hingga memotong garis pantai.

Untuk menghitung tinggi dan periode gelombang yaitu dengan menggunakan persamaan:

- Tinggi Gelombang (H)
: puncak - lembah
- Tinggi gelombang signifikan
: $H_s = \frac{3}{N} \sum_{i=1}^{N-3} H_i$
- Periode gelombang signifikan
: $T_s = t/n$
- Panjang gelombang
: $L = 1,56 \times T^2$
- Sudut datang gelombang
: $\alpha_H = \theta_0 - \alpha_p$

keterangan:

- θ = arah datang gelombang
 α_p = sudut pantai

Panjang Fetch

Sebelum perhitungan prediksi atau peramalan gelombang terlebih dahulu dilakukan analisis perhitungan panjang *fetch* efektif (F_{eff}) dan data angin yang diperoleh dari *ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast)*. Jika panjang *fetch* <10 mil maka tidak perlu dilakukan koreksi angin terhadap kondisi atmosfer dan koreksi gesekan kecepatan angin. Perhitungan panjang *fetch* efektif menggunakan persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

dimana:

- X_i = panjang *fetch* yang diukur dari

titik observasi gelombang sampai ke ujung akhir fetch.
 α = deviasi pada kedua sisi (kanan dan kiri) arah angin dengan menggunakan pertambahan 5° sampai sudut 45°

Prediksi Gelombang

Persamaan yang digunakan untuk menentukan tinggi gelombang di perairan dalam dari data kecepatan angin dan *fetch* adalah (CHL,2006):

$$\frac{gHmo}{U_*^2} = 4,13 \times 10^{-2} \left(\frac{gX}{U_*^2} \right)^{1/2}$$

dan periode gelombang:

$$\frac{gT_p}{U_*^2} = 0,651 \left(\frac{gX}{U_*^2} \right)^{1/3}$$

$$C_D = \frac{U_*^2}{U_{10}^2}$$

$$C_D = 0,001 (1,1 + 0,035 U_{10})$$

Sedangkan untuk gelombang yang berkembang secara penuh (*full*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (CHL, 2006):

$$\frac{gHmo}{U_*^2} = 2,115 \times 10^2$$

dan

$$\frac{gT_p}{U_*^2} = 2,398 \times 10^2$$

keterangan:

$X = F_{eff}$ = panjang fetch

Hmo = tinggi gelombang signifikan

C_D = koefisien drag

U_* = kecepatan gesekan

Transformasi Gelombang

CMS-Wave atau *Coastal Modeling System-Wave* merupakan model transformasi spektral gelombang dua dimensi yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers Coastal and Hydraulics Laboratory*. *CMS-Wave* sebagai salah satu model pada *software SMS* atau *Surface-Water Modeling System* dapat beroperasi pada setengah bidang pesisir, yang berarti gelombang hanya dapat merambat dari

batas laut dan bergerak menuju pantai. *CMS-Wave* dapat menggambarkan fenomena difraksi dan refleksi gelombang sehingga cocok untuk menghasilkan simulasi gelombang di wilayah perairan. Untuk menghasilkan model gelombang, maka diperlukan data masukan berupa data kedalaman yang telah dikoreksi berdasarkan referensi LAT, MSL maupun HAT. Prosedur yang dilakukan untuk menghasilkan model gelombang saat kondisi LAT, MSL dan HAT umumnya sama hanya berbeda pada data kedalaman yang disesuaikan pada hasil yang diinginkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang Surut

Pada saat pasang tinggi gelombang tinggi gelombang sedikit lebih kecil sedangkan periode serta panjang gelombang lebih besar begitu pula saat surut berlaku kebalikannya (Ayunarita *et al*, 2017), sehingga dapat dikatakan pasang surut air laut akan berpengaruh terhadap pola transformasi gelombang, dimana pada keadaan pasang dan surut akan memiliki pola transformasi yang berbeda.

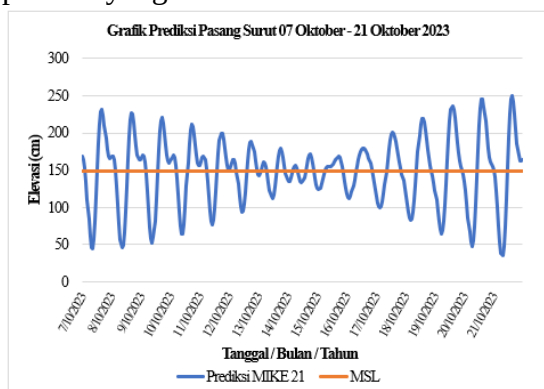
Nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase (g°) tiap komponen konstanta pasang surut, yaitu komponen S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2 dan P1 dihasilkan berdasarkan analisis menggunakan metode *admiralty*. Sembilan (9) konstanta harmonik utama untuk amplitudo A (cm) dan beda fase g ($^\circ$) pasang surut di perairan Muara Kintap berdasarkan analisis dengan metode *admiralty* disajikan pada Tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Konstanta Harmonik Pasang Surut

	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A (cm)	148,02	26,58	13,24	2,36	48,43	35,31	0,14	0,28	3,58	15,98
g($^\circ$)		192,57	106,23	158,91	203,78	134,26	191,18	97,49	106,23	203,78

Berdasarkan kriteria *courtier range*, nilai tersebut termasuk ke dalam tipe pasang surut tipe campuran condong kehariian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yang mana dalam satu hari dapat

terjadi satu kali air surut dan satu kali air pasang, akan tetapi terkadang untuk sementara waktu dapat terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda.



Gambar 2. Grafik Pasang Surut

Konstanta harmonik pasang surut yang diperoleh berdasarkan metode *admiralty* digunakan untuk mengetahui nilai tunggang air pasang surut. Adapun nilai tunggang air pasang surut yang diperoleh pada perairan Muara Kintap dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini.

Tabel 4. Tunggang Air Pasang Surut

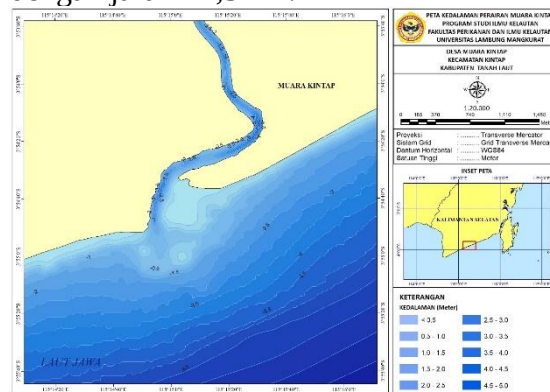
Karakteristik Pasang Surut	Tunggang Pasut			
	HAT (cm)	MSL (cm)	LAT (cm)	Palem Pasut (cm)
HAT	0	123,57	247,15	271,59
MSL	-123,57	0	123,57	148,02
LAT	-247,15	-123,57	0	24,44
Tidal Range				79,65

Dapat diketahui bahwa nilai tunggang air pasut pada palem pasut yaitu 271,59 cm saat HAT, 148,02 cm saat MSL, dan 24,44 cm saat LAT. Nilai tunggang air pasang surut referensi HAT yaitu 0 cm pada saat HAT, -123,57 saat MSL, dan -247,15 saat LAT. Referensi MSL yaitu 123,57 cm pada saat HAT, 0 cm saat MSL, dan -123,57 cm saat LAT. Referensi LAT yaitu 247,15 cm pada saat HAT, 123,57 cm saat MSL, dan 0 cm saat LAT.

Kedalaman

Data kedalaman yang menjadi ruang lingkup wilayah studi meliputi kawasan perairan Muara Kintap dengan sejajar pantai sejauh 4 km dan tegak lurus pantai sejauh 4 km. Data yang diperoleh selanjutnya akan dibuat menjadi peta kedalaman yang dapat dilihat pada Gambar

4.2. Berdasarkan gambar peta kedalaman di bawah, dapat diketahui bahwa pada jarak 150 – 200 m dari pantai memiliki kedalaman 2 m, sedangkan pada jarak 500 – 800 m memiliki kedalaman 4 m dan kedalaman tersebut terus menurun sampai ke kedalaman maksimum yaitu <10 m dengan jarak $\pm 2,5$ km.



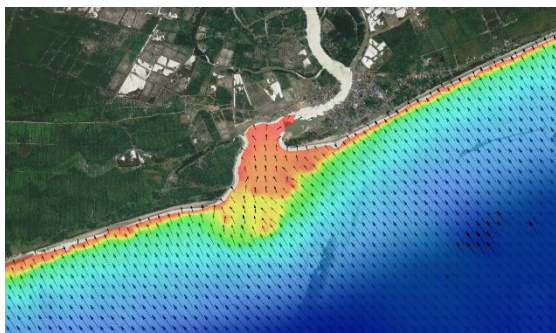
Gambar 3. Peta Kedalaman

Model Transformasi Gelombang

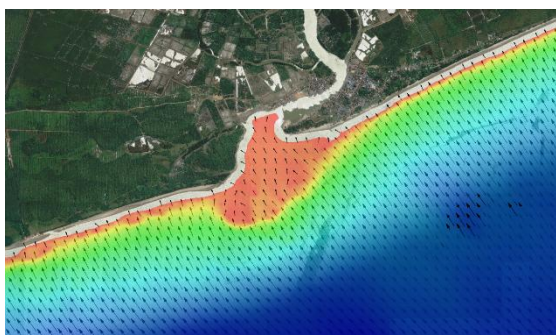
Berdasarkan lokasi penelitian terdapat empat arah mata angin yang dapat membangkitkan gelombang yaitu arah timur, tenggara, selatan, dan barat daya dengan kondisi angin maksimum yang paling mempengaruhi pembangkitan gelombang adalah angin tenggara. Arah angin tenggara dimodelkan dengan 3 kondisi kedalaman yang berbeda yaitu HAT, MSL dan LAT, untuk mengetahui pengaruh kedalaman perairan terhadap pola transformasi gelombang. Model ini menggunakan input gelombang sebesar $H_0 = 2,5$ m dan periode sebesar $T = 6,5$ s dengan input sudut gelombang sebesar 20° , serta ukuran grid yang digunakan yaitu ukuran 5×5 m.



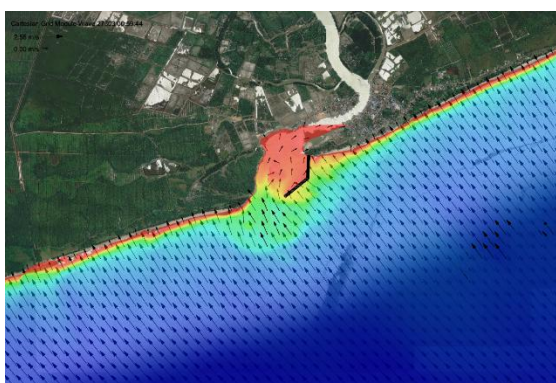
Gambar 4. Model gelombang sebelum ada bangunan pelindung pantai saat HAT



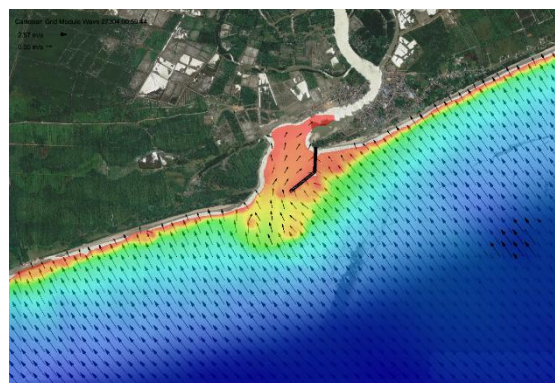
Gambar 5. Model gelombang sebelum ada bangunan pelindung pantai saat MSL



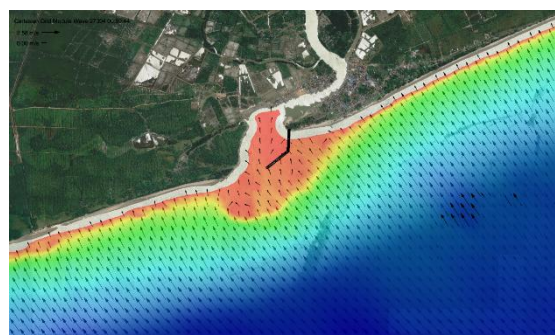
Gambar 6. Model gelombang sebelum ada bangunan pelindung pantai saat LAT



Gambar 7. Model gelombang setelah ada bangunan Pelindung pantai saat HAT



Gambar 8. Model gelombang setelah ada bangunan Pelindung pantai saat MSL



Gambar 9. Model gelombang setelah ada bangunan Pelindung pantai saat LAT

Gelombang saat HAT sebelum dan sesudah adanya bangunan pantai menunjukkan terjadinya proses difraksi, refraksi, dan *shoaling*. Refraksi dan *shoaling* yang terjadi dikarenakan adanya perubahan kedalaman saat gelombang bergerak menuju darat dan refleksi terjadi pada saat gelombang bertemu dengan penghalang atau bangunan yang rata. Pada saat gelombang melewati penghalang atau bangunan pelindung pantai, gelombang mengalami proses divergensi diakibatkan karena perbedaan besar sudut datang gelombang dengan kontur perairan.

KESIMPULAN

Berdasarkan model CMS-Wave menunjukkan adanya pola transformasi gelombang. Model dilakukan berdasarkan kondisi HAT, MSL dan LAT dimana pola yang dihasilkan hampir sama, namun saat simulasi menggunakan bangunan pelindung pantai kondisi LAT tidak terpengaruh oleh adanya bangunan pantai. Sedangkan saat HAT dan MSL terjadi

peristiwa konvergensi saat gelombang mencapai ujung dari bangunan pantai dan terjadi divergensi saat melewati bangunan pelindung pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M. F. 2006. Gerak Air di Laut. *Jurnal Oseana*. Vol 31 No 4: hlm 9- 21.
- [CERC] *Coastal Engineering Research Center*. 1984. *Shore Protection Manual Volume I, Fourth Edition*. Washington: U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
- [CHL] *Coastal Hydraulic Laboratory*. 2006. *Coastal Engineering Manual, Part I-VI*. Washington DC: Department of the Army. U.S. Army Corp of Engineers.
- Baharuddin. 2006. Model Pengaruh Gelombang Terhadap Pantai Bau-Bau, Provinsi Sulawesi Tenggara. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dewi, I. P. 2011. Perubahan Garis Pantai dari Pantai Teritip Balikpapan sampai Pantai Ambarawang Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dewi, P. K., Anugroho, A., Atmodjo, W. 2015. Refraksi Gelombang di Perairan Pantai Marunda Jakarta. *Jurnal Oseanografi*. Vol 4 No 1: hlm 215-222.
- Dwikarsa, Y. 2017. Pola Transformasi Gelombang dan Hubungannya terhadap Perubahan Garis Pantai Desa Sebuai Kabupaten Kotawaringin Barat Provinsi Kalimantan Tengah. Skripsi Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Ketchum, 1972. GESAMP 2001. *Reports and Studies. A Sea of Trouble. Coordination Office of the Global Programme of Action for The Protection of The Marine Environment from Land and Based Activities* (UNEP). *The Hague Division of Environmental Convention* (UNEP). Nairobi.
- Kuncoro, B. W., Baharuddin dan Dewi, I. P. 2020. Analisis Transformasi Gelombang Menggunakan Modul CMS Wave di Perairan Pulau Karajaan Kabupaten Kotabaru. *Jurnal Hidrografi Indonesia*. Vol 3 No 1: hlm. 28 – 32.
- Pasaribu, R. P., Sewiko. R., Arifin. 2022. Penerapan Metode Admiralty untuk Mengolah Data Pasang Surut di Perairan Selat Nasik Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAX*. Vol 10 No 1: hlm 146-160.
- Peraturan Daerah Kabupaten Tanah Laut Nomor 3 Tahun 2016 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tanah Laut Tahun 2016-2036.
- Poerbandono. 1989. Hidrografi Dasar. Jurusan Teknik Geodesi ITB. Bandung.
- Purwono, N. A. S. 2020. Analisa Kejadian Gelombang dengan Metode Empirik dan Model Matematika di Kawasan Perairan Pelabuhan Tanjung Laut. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*. Vol 03 No 1: hlm 1-14.
- Purwono, N. A. S., Sismiani, A. 2018. Peramalan Kejadian Gelombang Pantai Watunohu dengan Pendekatan Empiris Analisa Data Angin. *Teodolita*. Vol 19 No 2: hlm 1-10.
- Saputra, A. T. 2022. Model Transformasi Gelombang Menggunakan Modul CMS-Wave dari Berbagai Model Penanganan Perubahan Garis Pantai di Pantai Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. Skripsi Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Saputra, A. T., Baharuddin. Yuliyanto. 2022. Model Transformasi Gelombang Menggunakan Modul

CMS-Wave dari Berbagai Model
Penanganan Perubahan Garis Pantai
di Pantai Takisung Kabupaten
Tanah Laut Kalimantan Selatan.
Jurnal Kelautan. Vol 6 No 1.

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta
Offset. Yogyakarta.

Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan.
Beta Offset. Yogyakarta.

Wibisono, M. S. 2005. Pengantar Ilmu
Kelautan. Grasindo. Jakarta: 224
hlm.

Wibisono, M. S. 2011. Pengantar Ilmu
Kelautan. Ed.2. UI Press. Jakarta.